

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-349201

(P2001-349201A)

(43) 公開日 平成13年12月21日 (2001. 12. 21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト\*(参考)

F 0 1 D 5/28

F 0 1 D 5/28

3 G 0 0 2

C 2 3 C 4/00

C 2 3 C 4/00

4 K 0 3 1

F 0 1 D 5/18

F 0 1 D 5/18

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-170141(P2000-170141)

(22) 出願日 平成12年6月7日(2000.6.7)

(71) 出願人 000154794

株式会社放電精密加工研究所

神奈川県厚木市飯山3110番地

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 遠藤 康彦

神奈川県厚木市飯山3110番地 株式会社放

電精密加工研究所内

(74) 代理人 100074848

弁理士 森田 寛 (外1名)

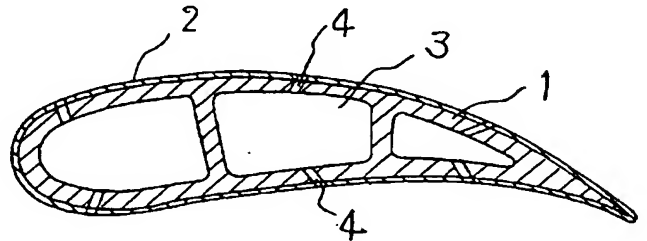
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法

(57) 【要約】

【課題】 冷却孔を有するガスタービン翼の表面にT B Cを施工する方法を提供する。

【解決手段】 冷却孔を有するガスタービン翼の冷却孔に、後において除去し得る手段を有する詰物を充填し、前記詰物を施したガスタービン翼の表面に下地金属層を溶射して形成し、この下地金属層の表面にジルコニアを主成分とするセラミック材料を溶射して遮熱被覆を形成し、最後に前記詰物を除去することにより前記冷却孔の閉塞を防止する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 冷却孔を有するガスタービン翼の冷却孔に、後において除去し得る手段を有する詰物を充填し、前記詰物を充填したガスタービン翼の表面に下地金属層を溶射して形成し、この下地金属層の表面にジルコニアを主成分とするセラミック材料を溶射して遮熱被覆を形成し、最後に前記詰物を除去することにより前記冷却孔の閉塞を防止することを特徴とする冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項2】 詰物を炭素質材料および／または非酸化性雰囲気中で加熱したときに炭化する材料によって形成することを特徴とする請求項1に記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項3】 炭素質材料および／または炭化する材料を炭化させた後の炭素質材料の硬さが夫々大である詰物を充填してから遮熱被覆すべきガスタービン翼の表面をブラスト処理することを特徴とする請求項2に記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項4】 炭素質材料を木材または竹材にフェノール樹脂を含浸して硬化後炭化させたウッドセラミック材料によって形成したことを特徴とする請求項2または3に記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項5】 詰物をフェノール樹脂と炭素質粉末とを混合したペーストによって形成し、前記フェノール樹脂を加熱硬化させた後に溶射することを特徴とする請求項2ないし4の何れかに記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項6】 詰物をフェノール樹脂またはフェノール樹脂と炭素質粉末とを混合してなるペーストとウッドセラミック材料からなる棒状体とで形成することを特徴とする請求項2ないし5の何れかに記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項7】 ペーストにこのペーストが垂れる流動を防止し得る添加物を混合することを特徴とする請求項5または6に記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項8】 後において除去し得る手段を炭素質材料を酸化燃焼させる手段とすることを特徴とする請求項2ないし7の何れかに記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数個の微細直径の冷却孔（冷却空気を吹き出して空気のフィルムでタービン翼の過熱を防ぐ）を有するガスタービン翼の表面に、これらの冷却孔を閉塞させることなく遮熱被覆（Thermal Barrier Coating、以下「TBC」と記述する）を効率的に施工する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図1は本発明の対象であるガスタービン翼の一例を示す要部横断面図である。図1において、ガスタービン翼1は外表面を高温のガスに曝されるため、例えばNi基合金またはCo基合金のような耐熱合金によって製造されると共に、その表面に例えばジルコニアを主成分とするセラミック材料をプラズマ溶射して、TBC2を形成する。

【0003】 ガスタービン翼1の内部には複数個の流路3を設けると共に、これらの流路3と連通する複数個の冷却孔4を設けて、冷却孔4から圧縮空気等を噴出させ、TBC2の表面に冷却フィルムを形成するようにしている。この場合、TBC2の厚さ（含下地層）寸法は、例えば0.2～0.7mmに、冷却孔4の直径寸法は、例えば0.8～1.2mmに形成される。

【0004】 上記のようなガスタービン翼1を製作するに際して、ガスタービン翼1の表面に予めTBC2を形成した後において、冷却孔4を加工する放電加工方法が特開昭63-150109号公報および特開平8-229740号公報に提案されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の方法は、冷却孔を先に加工するTBCの施工方法には適用できず、また既に一度使用された冷却孔付きのガスタービン翼を再利用するときの再生施工の方法にも適用できない。

【0006】 すなわち、ガスタービン翼1の表面にTBC2を形成する前に冷却孔4を加工することは比較的容易であるが、微細な冷却孔4を有するガスタービン翼1にTBC2を溶射によって形成する場合には、冷却孔4内に溶射材料が進入してこれらの冷却孔4を閉塞することとなるため、冷却孔4をマスキングする必要がある。しかしながら、下地のブラスト処理と溶射の高温雰囲気耐えるマスキングの施工が容易でなく、ガスタービン翼1の表面に形成すべきマスキングの除去方法が知られていないという問題点がある。すなわち、冷却孔4を閉塞するために使用できるマスキング材として使えるものが知られていないと共に、TBC2を形成した後におけるマスキング材の除去が難しく、場合によってはマスキング材の除去ができないという問題点がある。

【0007】 本発明は、上記のような従来技術に存在する問題点を解決し、冷却孔を有するガスタービン翼の表面に効率的にTBCを施工する方法を提供することを課題とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 上記の課題を解決するために、本発明においては、冷却孔を有するガスタービン翼の冷却孔に、後において除去し得る手段を有する詰物を充填し、前記詰物を充填したガスタービン翼の表面に下地金属層を溶射して形成し、この下地金属層の表面に

ジルコニアを主成分とするセラミック材料を溶射して遮熱被覆を形成し、最後に前記詰物を除去することにより前記冷却孔の閉塞を防止する、という技術的手段を採用した。

【0009】本発明において、詰物を炭素質材料および／または非酸化性雰囲気中で加熱したときに炭化する材料によって形成することができる。

【0010】上記の発明において、炭素質材料および／または炭化する材料を炭化させた後の炭素質材料の硬さが夫々大である詰物を充填してから遮熱被覆すべきガスタービン翼の下地表面をプラスト処理することができる。

【0011】また上記の発明において、炭素質材料を木材または竹材にフェノール樹脂を含浸して硬化後炭化させたウッドセラミック材料によって形成してもよい。

【0012】更に上記の発明において、詰物をフェノール樹脂と炭素質粉末とを混合したペーストによって形成し、前記フェノール樹脂を加熱硬化させた後に溶射することができる。

【0013】また更に上記の発明において、詰物をフェノール樹脂またはフェノール樹脂と炭素質粉末とを混合してなるペーストとウッドセラミック材料からなる棒状体とで形成することができる。

【0014】次に上記の発明において、ペーストにこのペーストが垂れる流動を防止し得る添加物を混合することができる。

【0015】なお上記の発明において、後において除去し得る手段を炭素質材料を酸化燃焼させる手段とすることができる。

【0016】通常、下地金属層をLPPS（低圧プラズマプレー）で施工する前に、この下地金属層の基材との密着性を確保するため、ガスタービン翼の表面をプラ

\* スト処理している。また上記下地金属層の上に、ジルコニアからなるTBCを形成するには、通常アルゴンなどの非酸化性ガスによるプラズマフレーム溶射が採用されている。

【0017】従って、詰物が炭素質材料または非酸化性雰囲気中で炭化する材料であれば、下地金属層およびTBCの施工時に、燃焼して消失させることなく詰物を残留させられる。更に、詰物に使う炭素質材料や加熱して炭化する材料に硬度の大なる材料や、硬度の大なる炭化物になるものを選んでおくと、プラスト処理や溶射に際して詰物が摩耗によって消耗するのを防止できる。

【0018】同じ炭素質材料であっても例えば黒鉛は軟らかくて摩耗し易いが、フェノール樹脂の炭化物や、フェノール樹脂を木材や竹材に含浸して炭化したウッドセラミックスは、硬い炭素質材料であるのでプラスト時においても摩耗しにくい。

【0019】一方、ガスタービン翼の合金材や、溶射下地金属層、TBCはいずれも空気中で800℃まで加熱しても酸化損傷しない材料からなる。従って、詰物を施してTBCを施工した後のガスタービン翼を、空気中で650～800℃に加熱することにより、炭素質材料からなる詰物を燃焼させて除去することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】まずガスタービン翼の構成材料の一例であるNi基超合金Inconel 738LCからなる100mm角、厚さ寸法5mmの平板に、直径1.0mmの傾斜孔（平板表面に対する傾斜角35°）を、例えば縦方向ピッチ5mm、横方向ピッチ15mmで複数個を設け、これらの傾斜孔に下記表1に示す5種類の材料からなる詰物を圧入固定した。

【0021】

\* 【表1】

実施例 No.	内 容
1	ウッドセラミックスの棒状体
2	フェノール樹脂含浸強化木の棒状体
3	1にフェノール樹脂を塗布
4	1にフェノール樹脂を含浸、塗布
5	2にフェノール樹脂を含浸、塗布

【0022】表1において、実施例No. 1, 2の棒状体には、柳楊枝を利用し、強化木は水性フェノール樹脂を減圧下で含浸後硬化させて作り、ウッドセラミックスは、強化木の棒状体を炭粉と共にるつぽ内に装入し、600℃で2hr加熱炭化したものである。

【0023】上記のように傾斜孔に詰物を圧入固定した平板の表面をプラスト処理により粗面化した後、下地金属層としてCoNiCrAlYをLPPS（Low Pressure Plasma Spray）により0.

1mmの厚さに形成し（溶射温度1000～1500℃）、次いでY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で安定化したジルコニア（ZrO<sub>2</sub>）からなるTBC層を0.3mmの厚さにプラズマ溶射した（溶射温度2000～3000℃）。

【0024】上記の溶射時においては、雰囲気が無酸素状態または主に非酸化性ガスからなる高温雰囲気中であるため、傾斜孔中に圧入固定した詰物は燃焼せず、強化木およびフェノール樹脂は炭化するのみに留まる。溶射後に平板を空気雰囲気中で加熱し（700℃、1hr）

詰物を燃焼させて除去した。

【0025】上記溶射処理後の平板を切断して冷却孔を観察したところ、実施例No. 2, 5によるものは、詰物が傾斜孔内に残存せず、傾斜孔内にも一部下地金属層およびTBCが侵入する現象が見られた。これは上記処理中に詰物およびフェノール樹脂が炭化する過程において収縮するため、傾斜孔の内面との間における固着力が不足し、傾斜孔から脱落したものと推定される。また実施例No. 1によるものは、上記実施例No. 2, 5におけるような収縮が少ないものの、傾斜孔との間の固着力の不足のため、残存する詰物の割合が少なかった。

【0026】これに対して、実施例No. 3, 4によるものは、詰物の表面に塗布または含浸されたフェノール樹脂が、傾斜孔との間において接着剤として作用し、かつ真空中における加熱によって炭化して固まり、詰物の固着力を維持して傾斜孔内に残存していることが認められ、傾斜孔の詰物として有効であることが確認された。

実施例 No.	内 容
1 1	ウッドセラミックス棒状体の表面に大粘度のペーストを塗布
1 2	ウッドセラミックス棒状体の表面に中粘度のペーストを塗布
1 3	最も大粘度のペースト
1 4	大粘度のペースト
1 5	ウッドセラミックス棒状体
1 6	ウッドセラミックス棒状体の表面にフェノール樹脂を塗布
1 7	ウッドセラミックス棒状体の表面に軟粘度のペーストを塗布

【0029】表2の試験に供したウッドセラミックス棒状体は、柳楊枝に水性フェノール樹脂（住友デュレス製 スミライトレジンPR5078-1）を含浸させ、フェノール樹脂を加熱硬化後、炭粉に埋めて600℃に1hr保持して炭化させたものである。

【0030】ペーストは、市販の備長炭（硬い炭）を乳鉢中で砕いた炭粉に、前記水性フェノール樹脂を加えて常温で混練したものを使用した。ペーストの硬さ（粘度）はフェノール樹脂の混合量で調整したものであり、例えば最も大粘度のペーストは、備長炭粉100重量部に対して、ヒドロキシエチルセルローズ20重量部と水性フェノール樹脂約25重量部混合したものである。次に大粘度、中粘度、軟粘度のペーストは、前記のペーストに逐次水性フェノール樹脂を追加して粘度を下げたものであり、大粘度のペーストは「練り飴」程度の粘度を示すものである。なおペーストにはヒドロキシエチルセルローズを混合して、ペーストの施工後における「垂れ」を防止した。

【0031】上記のウッドセラミックス棒状体は、柳楊枝を素材としていて先細になっているので、寸法の異なる冷却孔の何れにも圧入することができ、余分な部分は折って取除くことができる。また、上記棒状体に塗布し

\* また、傾斜孔の縦断面をマイクロ観察した結果、前記溶射材料の傾斜孔内への侵入は認められなかった。平板を空气中で700℃に1時間加熱した後の冷却孔の内部を調べたところ、炭素質の詰物はすべて燃焼して消失していた。

【0027】次に図2に示す形状のガスタービン翼に種々の詰物を圧入固定して溶射を行なった結果について記述する。図2はNi基合金Inconel 738LCからなるガスタービン翼の一例を示す要部平面図であ

り、ガスタービン翼1は幅寸法約130mm、全長約250mmに形成され、例えば直径0.8～0.9mmの冷却孔4が第1列ないし第5列11～15に複数個設けられている。これらの冷却孔4に下記表2に示す7種類の材料からなる詰物を圧入固定または充填した。

【0028】

【表2】

たペーストは、冷却孔の周辺に盛り上げるように付着させることができ、ペーストが付着した部分にTBCが施工されるのをマスクすることができる。

【0032】また、詰物をペーストのみによって形成した実施例No. 13, 14の例では、0.2ml容量のプラスチック製の分注器にペーストを充填して冷却孔内に手で押出して充填するようにした。

【0033】上記のように形成した詰物を、図2に示すガスタービン翼1の冷却孔4に圧入固定または充填するに際し、実施例No. 11, 12は各々第1列11の左右に約半数宛施工し、実施例No. 13, 14は各々第2列12の左右に約半数宛施工した。また実施例No. 15～17は夫々第3～5列13～15に圧入固定した。上記のようにして詰物を冷却孔4に圧入固定または充填した後、ガスタービン翼1を120℃で2hr保持することにより、フェノール樹脂を硬化させた。

【0034】上記の詰物を施したガスタービン翼1に対し、前記実施例1～5におけると同様にTBCを施工する表面をブラスト処理し、所定の溶射処理を行なった後、空气中で加熱して（700℃、1hr）詰物を燃焼除去した。詰物による冷却孔4のマスキング効果を、詰物を施工した状態、TBCを施工した状態および詰物を

7 燃焼除去した状態で夫々評価した。

【0035】実施例 11、12においては、棒状体に塗布したペーストが、不均等に冷却孔の周囲に付着してしまい、時々隣接する冷却孔のペーストと一体化してしまう傾向が認められたが、目的とする詰物の機能を有するものであった。

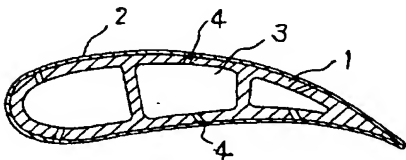
【0036】実施例 13、14のものは、ペーストのみを冷却孔の詰物としたものであるが、冷却孔へのペーストの注入量のコントロールが難しいものの、ヒドロキシエチルセルローズを混合しておいたため、ペーストの垂れは認められず、冷却孔の詰物としてほぼ目的とする機能を有するものであった。

【0037】次に実施例 15 のウッドセラミックスの棒状体のみを圧入した詰物では、前述の実施例 1 のものと同様の結果となり、棒状体の抜落ちが多く認められた。これに対して実施例 16 においては、棒状体の表面にフェノール樹脂を塗布したことにより、上記の抜落ち現象を防ぐことができた。

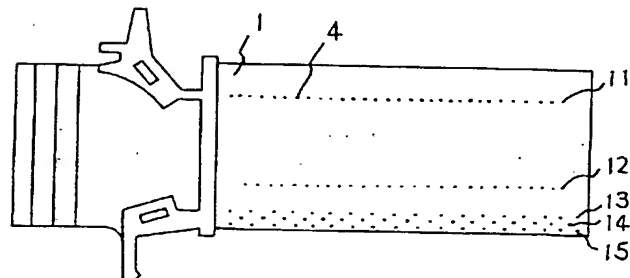
【0038】実施例 17 の軟かいペーストを併用した例では、圧入した冷却孔の周囲に適度にペーストを盛り付けた状態とすることができ、かつ施工が容易であり、詰物として目的の機能を有するものであった。

【0039】上記の実施例においては、ウッドセラミックス棒状体を形成する材料として、柳楊枝を使用した例について記述したが、これ以外に竹材を使用してもよく、更に他の木材を使用することができる。ウッドセラミックス棒状体とした後の強度を考慮すると、椶材のような硬い炭になる木材がよく、更に冷却孔が小口径であることから、先細の楊枝、竹串等を素材に使用することが好ましい。

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 市川 忠男

兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号  
三菱重工業株式会社高砂製作所内

(72)発明者 山口 健吾

兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号  
三菱重工業株式会社高砂製作所内

(6) 特開2001-34 1 (P2001-349201A)

Fターム(参考) 3G002 BA08 BB04 CA13 CB01 EA05  
EA08 EA09  
4K031 AA02 AB03 AB08 BA01 CB22  
CB27 CB42 DA04 FA13